

# CORNEA THICKNESS MEASURING INSTRUMENT

Patent Number: JP5146409

Publication date: 1993-06-15

Inventor(s): MORIMOTO AKIO; others: 02

Applicant(s):: TOPCON CORP

Requested Patent:  JP5146409

Application Number: JP19910310401 19911126

Priority Number(s):

IPC Classification: A61B3/12

EC Classification:

Equivalents:

## Abstract

**PURPOSE:** To eliminate the measurement errors by personal differences by arranging the optical axes of illuminating and photodetecting optical systems symmetrically with the optical axis of the eye to be examined and measuring the cornea thickness in accordance with the photoelectric transfer signals corresponding to the reflected luminous fluxes from the front and rear surfaces of the cornea.

**CONSTITUTION:** The illuminating and photodetecting optical systems 17, 22 are arranged symmetrically with the optical axis O2 of an observation optical system 10 for the front eye part. The slit illuminating luminous flux reflected from the cornea 15 is reflected partly toward a one-dimensional line sensor 28 by a half mirror and the rest is transmitted therethrough. The slit reflected luminous fluxes P1, P2 from the front and rear surfaces 30, 31 of the cornea 15 are received and the photoelectric transfer signals are outputted in the one-dimensional line sensor 28. A measuring circuit 35 measures the thickness of the cornea 15 in accordance therewith. The measurement errors by the individual differences are eliminated in such a manner and the measurement accuracy is improved.

Data supplied from the [esp@cenet](mailto:esp@cenet) database - I2

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-146409

(43)公開日 平成5年(1993)6月15日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>  
A 61 B 3/12

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

7807-4C

A 61 B 3/12

D

審査請求 未請求 請求項の数1(全6頁)

(21)出願番号 特願平3-310401

(22)出願日 平成3年(1991)11月26日

(71)出願人 000220343

株式会社トブコン

東京都板橋区蓮沼町75番1号

(72)発明者 森本 章夫

東京都板橋区蓮沼町75番1号株式会社トブコン内

(72)発明者 西尾 幸治

東京都板橋区蓮沼町75番1号株式会社トブコン内

(72)発明者 花村 嘉彦

東京都板橋区蓮沼町75番1号株式会社トブコン内

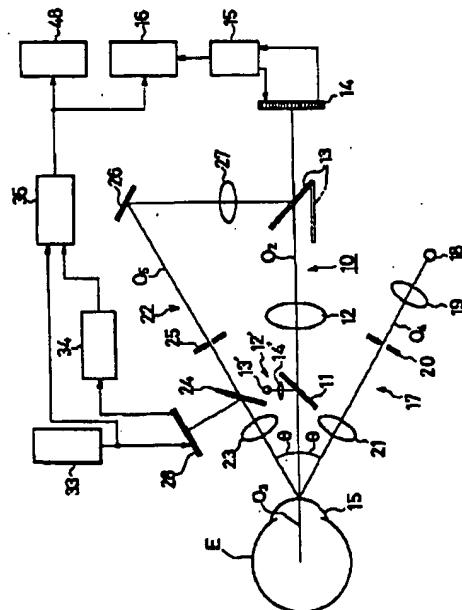
(74)代理人 弁理士 西脇 民雄

(54)【発明の名称】 角膜厚さ測定装置

(57)【要約】

【目的】 個人差による測定誤差の解消を図ると共に測定精度の向上を図ることのできる角膜厚さ測定装置を提供することを目的とする。

【構成】 角膜厚さ測定装置は、被検眼Eの光軸O<sub>1</sub>に対して斜め方向から照明光を角膜15に向けて照射する照明光学系17と、角膜15の表面30からの反射光束と裏面31からの反射光束を受光する受光光学系22とを備え、照明光学系17の光軸と受光光学系22の光軸とは被検眼の光軸に対してほぼ左右対称位置に配置され、受光光学系22には各反射光束の結像位置に微小光電素子列からなる光電変換素子が設けられ、光電変換素子は表面30からの反射光束による光電変換信号と裏面31からの反射光束による光電変換信号とに基づき角膜15の厚さを計測する計測回路35に接続されている。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 被検眼の光軸に対して斜め方向から照明光を角膜に向けて照射する照明光学系と、前記角膜の表面から反射された反射光束と前記角膜の裏面から反射された反射光束とを受光する受光光学系とを備え、前記照明光学系の光軸と前記受光光学系の光軸とは、前記被検眼の光軸に対してほぼ左右対称位置に配置され、前記受光光学系には前記各反射光束の結像位置に微小光電素子列からなる光電変換素子が設けられ、該光電変換素子は前記角膜の表面から反射された反射光束に対応する光電変換信号と前記角膜の裏面から反射された反射光束に対応する光電変換信号とに基づき前記角膜の厚さを計測する計測回路に接続されていることを特徴とする角膜厚さ測定装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、角膜の厚さを光学的に測定する角膜厚さ測定装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 従来から、角膜の厚さを光学的に測定する角膜厚さ測定装置として、図1に示すようにスリット照明光Pを被検眼1の光軸O<sub>1</sub>に沿って入射させ、所定角度θの方向から角膜2を観察しながらブレンパラレル3を回転させ、図2に示すように像2bと像2f'が重ならせ、そのブレンパラレル3の回転角φに基づき角膜の厚さを測定する角膜厚さ測定装置が知られている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、この従来の角膜厚さ測定装置は、測定者が角膜2を観察しながら像2bと像2f'を合致させて角膜2の厚さを測定する構成であるため、個人差、時間差による測定誤差が生じると共に、像2bと像2f'を合致させるのが困難で、測定者及び被検者に疲労を生じさせ易いという欠点がある。

【0004】 本発明は上記事情に鑑みなされたものであって、個人差による測定誤差の解消を図ると共に測定精度の向上を図ることのできる角膜厚さ測定装置を提供することを目的とする。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】 本発明に係わる角膜厚さ測定装置は、被検眼の光軸に対して斜め方向から照明光を角膜に向けて照射する照明光学系と、前記角膜の表面から反射された反射光束と前記角膜の裏面から反射された反射光束とを受光する受光光学系とを備え、前記照明光学系の光軸と前記受光光学系の光軸とは、前記被検眼の光軸に対してほぼ左右対称位置に配置され、前記受光光学系には前記各反射光束の結像位置に微小光電素子列からなる光電変換素子が設けられ、該光電変換素子は前記角膜の表面から反射された反射光束に対応する光電変換信号と前記角膜の裏面から反射された反射光束に対応する光電変換信号とに基づき前記角膜の厚さを計測する計測回路に接続されている。

2

する光電変換信号とに基づき前記角膜の厚さを計測する計測回路に接続されている。

## 【0006】

【作用】 本発明に係わる角膜厚さ測定装置によれば、被検眼の光軸に対して斜め方向から照明光束が角膜に向けて照射される。その照明光束は主として境界面である角膜の表面と角膜の裏面で反射される。その角膜の表面で反射された反射光束の光量とその角膜の裏面で反射された反射光束の光量とは、被検眼の光軸に沿って照明光束を角膜に向けて照射した場合の反射光束の光量に較べて大きい。受光光学系は、その角膜の表面で反射された反射光束とその角膜の裏面で反射された反射光束とを受光する。光電変換素子は角膜の表面から反射された反射光束に対応する光電変換信号と角膜の裏面から反射された反射光束に対応する光電変換信号とを出力する。計測回路は、角膜の表面から反射された反射光束に対応する光電変換信号と角膜の裏面から反射された反射光束に対応する光電変換信号とに基づき角膜の厚さを計測する。

## 【0007】

【実施例】 次に、本発明の角膜厚さ測定装置の実施例を図3～図6に基づいて説明する。

【0008】 図3はその角膜厚さ測定装置を示す平面図であって、図3において、10は被検眼Eの前眼部を観察する前眼部観察光学系である。この前眼部観察光学系10は、ハーフミラー11、対物レンズ12、光路切り換えミラー13、エリアCCD14から大略構成され、O<sub>1</sub>はその光軸である。被検眼Eの前眼部は図示を略す前眼部照明光源によって照明される。ハーフミラー11はアライメント光学系12'の一部を構成している。光路切り換えミラー13はアライメントが完了する前までは前眼部観察光学系10の光路から遮断されている。アライメント光学系12'はアライメント用光源13'、投影レンズ14'から構成される。アライメント光学系12'からのアライメント指標光束は被検眼Eの角膜15に投影される。角膜15により反射されたアライメント指標光束はハーフミラー11、対物レンズ12を介してエリアCCD14に被検眼Eの前眼部像と共に結像される。エリアCCD14は駆動処理回路15により走査されると共に処理され、その前眼部像とアライメント指標像とがモニター16に表示される。測定者は図示を略す固視標を固視させつつアライメント指標像を観察することにより被検眼Eに対する装置光学系のアライメントを行う。光路切り換えミラー13はアライメントが完了すると前眼部観察光学系10の光路に挿入される。

【0009】 前眼部観察光学系10の光軸O<sub>1</sub>を境に一侧には照明光学系17が設けられている。照明光学系17は被検眼Eの光軸O<sub>1</sub>に対して斜め方向からスリット照明光を角膜15に向けて照射する役割を果たす。照明光学系17は照明光源18、集光レンズ19、スリット20、投影レンズ21からなり、O<sub>2</sub>はその光軸であ

る。光軸O<sub>4</sub>は光軸O<sub>1</sub>に対してθの傾きを持っている。  
【0010】前眼部観察光学系10の光軸O<sub>1</sub>を境に他側には受光光学系22が設けられている。受光光学系22は対物レンズ23、ハーフミラー24、視野絞り25、全反射ミラー26、結像レンズ27から構成なっている。受光光学系22の光軸O<sub>2</sub>は前眼部観察光学系10の光軸O<sub>1</sub>に対して光軸O<sub>4</sub>とほぼ対称に配置されている。アライメント完了時点で照明光学系17の光軸O<sub>4</sub>と受光光学系22の光軸O<sub>2</sub>とは被検眼Eの光軸O<sub>1</sub>に対してほぼ対称となる。角膜15により反射されたスリット照明光束は対物レンズ23を介してハーフミラー24に導かれる。ハーフミラー24はその反射光束の一部を光電変換素子としての一次元ラインセンサー28に向けて反射し、残りを透過する。ハーフミラー24を透過した反射光束は視野絞り25の位置でいったん結像され、全反射ミラー26により結像レンズ27に向けて反射され、結像レンズ27、光路切り換えミラー13を介してエリアCCD14に結像され、角膜15の内皮像がモニター16に表示される。一次元ラインセンサー28と視野絞り25とはアライメントが完了した状態で角膜15の内皮位置に関してほぼ共役である。

【0011】その一次元ラインセンサー28には図4に示すように角膜15の表面30からのスリット反射光束P<sub>1</sub>と角膜15の裏面31からのスリット反射光束P<sub>2</sub>とが受光される。この図4において、P<sub>11</sub>はスリット20の端縁20aによって定義される照明光束であり、P<sub>12</sub>はスリット20の端縁20bによって定義される照明光束であり、P<sub>13</sub>は角膜15の表面30において反射された光束P<sub>11</sub>を示す反射光束であり、P<sub>14</sub>は角膜15の裏面31において反射された光束P<sub>11</sub>を示す反射光束である。また、P<sub>15</sub>は角膜15の表面30において反射された光束P<sub>11</sub>を示す反射光束であり、P<sub>16</sub>は角膜15の裏面31において反射された光束P<sub>11</sub>を示す反射光束である。さらに、実線で示す照明光束K<sub>1</sub>はスリット20の中央を通る主光束であり、K<sub>2</sub>は角膜15の表面30において反射された反射主光束を示し、K<sub>3</sub>は角膜15の裏面31において反射された反射主光束を示している。

【0012】一次元ラインセンサー28の微小光電素子列は駆動回路33によって駆動走査される。駆動回路33は図5(イ)に示すようにクロックパルスCを一定周期で出力する。一次元ラインセンサー28からは反射光束P<sub>1</sub>と反射光束P<sub>2</sub>とに基づいて図5(ロ)に示す光電変換信号が送出される。その図5(ロ)において、符号S<sub>1</sub>は反射光束P<sub>1</sub>に対応する光電変換信号であり、符号S<sub>2</sub>は反射光束P<sub>2</sub>に対応する光電変換信号である。光電変換信号S<sub>1</sub>においてその立ち上がり部S<sub>11</sub>は角膜15の表面30において反射された反射光束P<sub>11</sub>に対応し、立ち下がり部S<sub>12</sub>は角膜15の表面30において反射された反射光束P<sub>11</sub>に対応している。また、光電変換信号S<sub>2</sub>においてその立ち上がり部S<sub>21</sub>は角膜15の裏面31

において反射された反射光束P<sub>11</sub>に対応し、立ち下がり部S<sub>22</sub>は角膜15の裏面31において反射された反射光束P<sub>11</sub>に対応している。光電変換信号S<sub>1</sub>のフラット部F<sub>1</sub>は反射光束P<sub>11</sub>と反射光束P<sub>11</sub>との間の反射光束によるものであり、光電変換信号S<sub>2</sub>のフラット部F<sub>2</sub>は反射光束P<sub>11</sub>と反射光束P<sub>11</sub>との間の反射光束によるものである。光電変換信号S<sub>1</sub>と光電変換信号S<sub>2</sub>との間の出力が若干低くなっているのは、角膜実質からの反射光束が境界面に較べて小さいからである。

10 【0013】一次元ラインセンサー28からの光電変換出力は、増幅回路34によって増幅されて計測回路35に入力される。計測回路35は図6に示すように微分回路36を有する。微分回路36は光電変換信号S<sub>1</sub>、S<sub>2</sub>に基づいて図5(ハ)に示すように微分出力B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、B<sub>3</sub>、B<sub>4</sub>を出力する。微分出力B<sub>1</sub>は立ち上がり部S<sub>11</sub>に基づく信号であり、微分出力B<sub>2</sub>は立ち下がり部S<sub>12</sub>に基づく信号であり、微分出力B<sub>3</sub>は立ち上がり部S<sub>21</sub>に基づく信号であり、微分出力B<sub>4</sub>は立ち下がり部S<sub>22</sub>に基づく信号である。

20 【0014】微分出力B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>はピーク検出器37に入力される。微分出力B<sub>3</sub>、B<sub>4</sub>は反転回路38により反転されてピーク検出器39に入力される。ピーク検出器37はその微分出力B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>に基づき図5(ニ)に示すクロックパルスCL<sub>1</sub>、CL<sub>2</sub>を出力し、ピーク検出器39はその微分出力B<sub>3</sub>、B<sub>4</sub>に基づき図5(ホ)に示すクロックパルスCL<sub>3</sub>、CL<sub>4</sub>を出力する。クロックパルスCL<sub>1</sub>、CL<sub>2</sub>は分周器40に入力され、クロックパルスCL<sub>3</sub>、CL<sub>4</sub>は分周器41に入力される。分周器40はそのクロックパルスCL<sub>1</sub>によりハイとなり、クロックパルスCL<sub>2</sub>によりローとなる。分周器41はクロックパルスCL<sub>3</sub>によりハイとなり、クロックパルスCL<sub>4</sub>によりローとなる。

30 【0015】分周器40の出力はアンド回路42の一入力端子に入力され、アンド回路42の他入力端子にはクロック信号発生器43の基準クロック信号が入力されている。分周器41の出力はアンド回路44の一入力端子に入力され、アンド回路44の他入力端子には基準クロック信号が入力されている。アンド回路42は分周器40がハイの間、図5(ヘ)に示す基準クロック信号SCL<sub>1</sub>を通過させ、アンド回路44は分周器41がハイの間、図5(ト)に示す基準クロック信号SCL<sub>2</sub>を通過させる。アンド回路42の出力はカウンタ45に入力され、アンド回路44の出力はカウンタ46に入力される。カウンタ45は基準クロック信号SCL<sub>1</sub>の個数をカウントし、カウンタ46は基準クロック信号SCL<sub>2</sub>の個数をカウントする。カウンタ45のカウント情報とカウンタ46のカウント情報とは演算回路47に入力される。

40 【0016】クロックパルスCL<sub>1</sub>とクロックパルスCL<sub>2</sub>との間隔D<sub>1</sub>は図4に示す距離L<sub>1</sub>に対応し、クロック

50

5

クパルス  $CL_1$  とクロックパルス  $CL_4$  との間隔  $D_1$  は図 4 に示す距離  $L_1$  に対応している。また、間隔  $D_1$  と間隔  $D_2$  との平均値  $D$  は図 4 に示す距離  $L$  に対応している。角膜 1.5 の概略厚さ  $d'$  と距離  $L$  の間には、照明主光束  $K_1$  の角膜 1.5 の表面 30 における点 A から照明主光束  $K_1$  の角膜 1.5 の裏面 31 における点  $A'$  までの長さを  $W$  とすると、三角関数の公式により、

$$L = W \cos (90^\circ - 2\theta)$$

$$d' = W \cos \theta$$

より、

$$d' = L \cos \theta / \cos (90^\circ - 2\theta)$$

ここで、角度  $\theta$  を  $30^\circ$  に設定すると、

$$d' = L$$

すなわち、角膜 1.5 の概略厚さ  $d'$  は距離  $L$  で表わされる。

【0017】なお、ここで得られる角膜 1.5 の概略厚さ  $d'$  は、空気と角膜との屈折率の相違、角膜の曲率を無視して計算した値であり、これらを補正することにより角膜 1.5 の厚さ  $d$  を正確に求めることができる。たとえば、角膜 1.5 の厚さ  $d$  は角膜頂点  $H$  から点  $H'$  までの長さを加えることにより補正される。

【0018】これらの演算は演算部 4.7 によって行われ、その演算結果はモニター 1.5、あるいはプリンター 4.8 に向かって出力される。

【0019】

【発明の効果】本発明に係る角膜厚さ測定装置は、以上

6

説明のように構成したので、個人差による測定誤差の解消を図ると共に測定精度の向上を図ることができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】従来の角膜厚さ測定装置の光学系を示す図である。

【図 2】従来の角膜厚さ測定装置の測定方法を説明するための説明図である。

【図 3】本発明に係わる角膜厚さ測定装置の光学系の実施例を示す平面図である。

【図 4】本発明に係わる角膜厚さ測定装置の光学系による照明光束の反射状態の説明図である。

【図 5】本発明に係わる計測回路のタイミングチャート図である。

【図 6】本発明に係わる計測回路の詳細構成を示すプロック図である。

【符号の説明】

1.5…角膜

1.7…照明光学系

2.2…受光光学系

2.8…一次元ラインセンサ（光電変換素子）

3.0…表面

3.1…裏面

3.5…計測回路

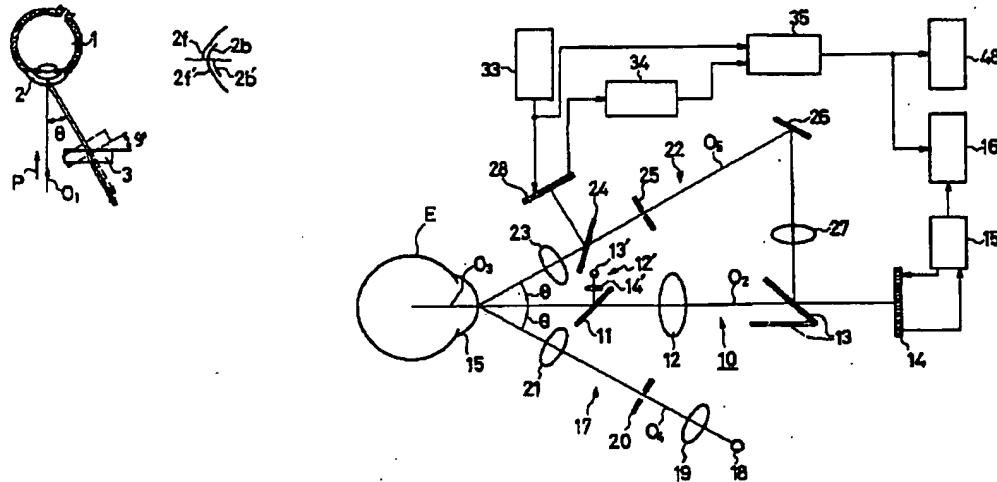
E…被検眼

O<sub>1</sub>～O<sub>6</sub>…光軸

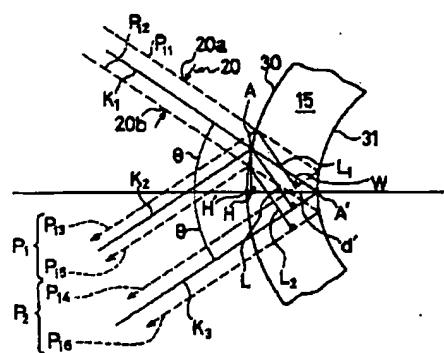
【図 1】

【図 2】

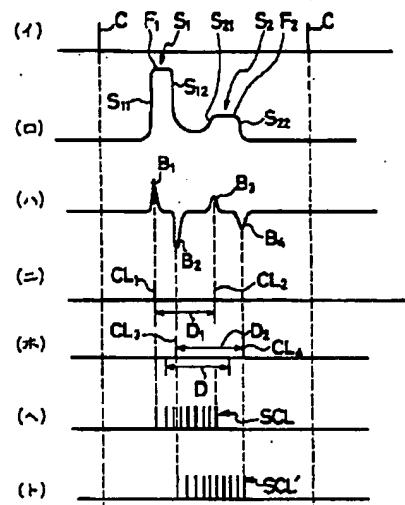
【図 3】



【図4】



【図5】



[图6]

